

ホームネットワークにおけるデータ特性を考慮した SDN による優先度制御手法

SDN Based Priority Control Method Considering Data Attributes for Home Network

国本 典晟 / Tensei KUNIMOTO

1 はじめに

動画などの大容量データの増加や IoT デバイスの普及に伴い、家庭内に構築した LAN 環境であるホームネットワークとインターネット間の通信帯域の逼迫が危惧されている [1]。通信帯域が逼迫した場合、送信すべき優先度が高いデータを送信したいときに送信できない問題が生じる。この問題を解決するため、ホームネットワークの通信を分類し優先度を設定して、ホームネットワークとインターネットサービスプロバイダ (ISP) のサーバ間の通信の優先度制御を行なった研究がある [2]。しかし、分類された通信に設定された優先度は固定されており、変更することができなかった。ホームネットワークには、重要度や QoS 要件、リアルタイム性といったデータ特性の異なる通信が混在する。ユーザや家庭の状況に応じて優先したいデータ特性は異なるが、既存の固定された優先度では、状況に応じた柔軟な優先度制御はできなかった。

本研究では、Software-Defined Networking (SDN) を用いてホームネットワークと ISP サーバ間の通信の優先度制御を行う手法を提案する。ホームネットワークの通信の動的に優先度を設定することで、状況に応じた優先度制御を行う。また、優先度の高い通信の通信帯域を確保するために優先度の低い通信を意図的に破棄するアドミッション制御を行うことで、優先度の高いデータを送信したいときに送信できない問題を解決する。

2 提案手法

2.1 SDN を用いた通信制御

SDN とは、ネットワーク機器の転送機能と制御機能を分離する技術の総称であり、ネットワークの柔軟な制御を可能にする。提案手法では、図 1 に示すように、家庭用ルータと ISP サーバの転送機能と制御機能を分離し、SDN コントローラが制御機能を担う。SDN コントローラは、家庭用ルータと ISP サーバに制御に必要なメッセージをやり取りする。家庭用ルータと ISP サーバは、SDN コントローラからの制御メッセージをもとに優先度制御された通信を行う。家庭用ルータは、動的に設定された優先度をもとに、SDN コントローラの指示に従いアドミッション制御を行う。

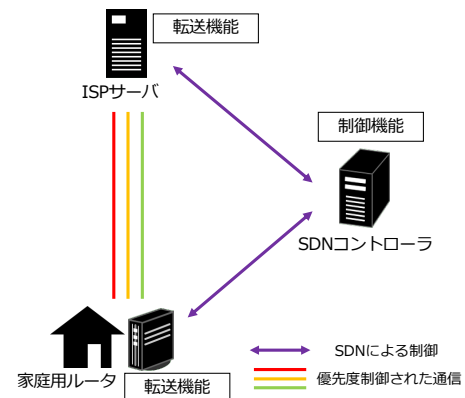


図 1: SDN を用いた通信制御

2.2 動的な優先度設定

ホームネットワークにはデータ特性の異なる通信が混在し、ユーザや家庭の状況に応じて優先したいデータ特性は異なる。提案手法では、優先度を決定する番号を用意し、各通信に番号を割り振ることで、通信の優先度を設定する。番号の割り振りは状況に応じて自由に変更することができ、動的に優先度を設定することができる。各優先度の番号には、アドミッション制御に用いる各優先度固有の重みに関連されており、番号の変更に付随して重みも変更されることで、動的な優先度制御を可能にする。

2.3 アドミッション制御

通信帯域が逼迫した場合、優先度の高い通信を送信したいときに送信できない問題が生じる。そこで、通信帯域が逼迫した場合に、優先度の低い通信を意図的に破棄することで、優先度の高い通信のための通信帯域を確保するアドミッション制御を行う。アドミッション制御の動作を図 2 に示す。SDN コントローラはホームネットワークと ISP サーバ間の通信帯域の逼迫を検知すると、優先度の低い通信を破棄するよう家庭用ルータに指示する。指示を受けた家庭用ルータは、優先度の低い通信を破棄する。

しかし、優先度のみで破棄する通信を選択すると、同じ通信が破棄され続け、通信が拒否されたことを意味する飢餓状態に陥る恐れがある。そのため、各通信のこれまでに破棄された回数を記録しておく。新たに通信を破棄する必要が生じた時、各通信の優先度が固有に持つ重みとこれまで破棄された回数から、新たに破棄する通信を選択する。

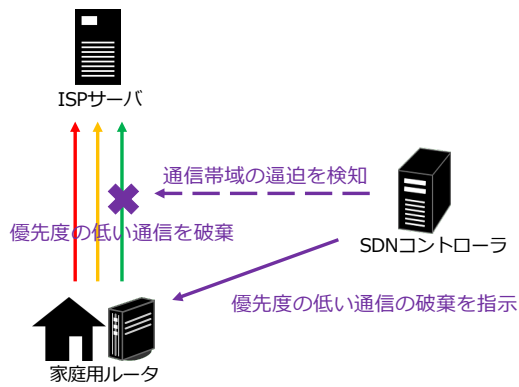


図 2: アドミッション制御の動作

SDN コントローラは、選択した通信の破棄を家庭用ルータに指示し、家庭用ルータは支持された通信を破棄する。最も優先度の低い通信も破棄の対象となることで、最も優先度の低い通信が飢餓状態に陥るのを防ぐことができる。

3 評価

3.1 実験

提案手法を評価するにあたり、ネットワークエミュレータである Mininet を用いてホームネットワークを想定した仮想ネットワークを構築し、ネットワークシミュレーションを行う。仮想ネットワークは、SDN コントローラ、ISP サーバ、家庭用ルータと、家庭用ルータに接続する 4 つのデバイスで構成される。SDN コントローラは、SDN 構築フレームワークである Ryu を用いて実装し、家庭用ルータとアドミッション制御に必要な制御メッセージをやり取りする。家庭用ルータに接続された 4 つのデバイスは、カテゴリ 1~4 に分類される通信のパケットを ISP サーバへ送信する。カテゴリ 1~4 にはそれぞれ優先度 1~4 が設定されており、その優先度をもとにアドミッション制御を行う。

提案手法の有効性を検証するため、TCP/IP パケットジェネレータおよびアナライザである hping3 を用いて、各デバイスから ISP サーバまでの通信のスループットとパケットロス率を測定し、優先度が固定された既存手法と比較する。シミュレーション途中で、優先度 3=カテゴリ 3 と優先度 4=カテゴリ 4 の優先度を、優先度 3=カテゴリ 4 と優先度 4=カテゴリ 3 に変更する。優先度変更前と変更後でそれぞれスループットとパケットロス率を測定し、状況に応じた動的な優先度制御を行えるかを評価する。

3.2 結果と考察

優先度変更前では、既存手法、提案手法ともに優先度が高いほどスループットは高い値を示したが、優先度変更後では、図 3 に示すように、既存手法では優先度 3=カテゴリ 4 のスループットが優先度 4=カテゴリ 3 と比較して低下しているのに対して、提案手法では優先度変更前と同様に優先度が高いほどスループットは高い値を示している。

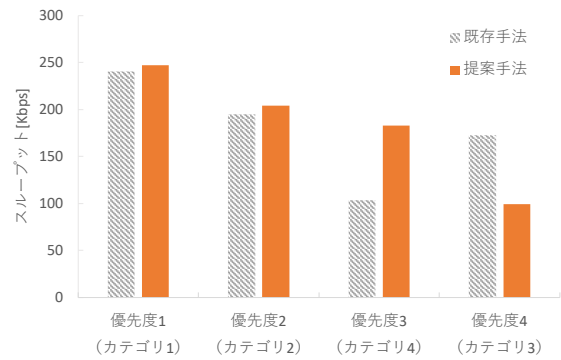


図 3: 優先度変更後のスループット

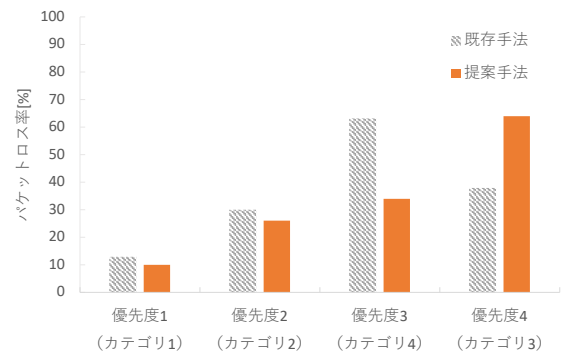


図 4: 優先度変更後のパケットロス率

また、優先度変更前では、既存手法、提案手法ともに優先度が低いほどパケットロス率は低い値を示したが、優先度変更後では、図 4 に示すように、既存手法では優先度 3=カテゴリ 4 のパケットロス率が優先度 4=カテゴリ 3 と比較して増加しているのに対して、提案手法では優先度変更前と同様に優先度が高いほどパケットロス率は低い値を示している。以上のことから、提案手法では状況に応じた動的な優先度制御が行えていることを確認した。

4 まとめ

本研究では、データ特性の異なる通信が混在するホームネットワークにおいて、通信帯域が逼迫した場合に状況に応じて優先度が高いデータを送信したい時に送信できない問題を解決するため、SDN を用いてホームネットワークと ISP 間の通信を制御し、通信に動的に優先度を設定し、アドミッション制御を行う手法を提案した。提案手法について、ホームネットワークを想定した仮想ネットワークにて実験を行い、既存手法と比較して状況に応じた動的な優先度制御を行えていることを確認した。

参考文献

- [1] 総務省, 帯域制御の運用基準に関するガイドライン (改定), 2019.
- [2] Guo-Cin Deng and Kuochen Wang, An Application-aware QoS Routing Algorithm for SDN-based IoT Networking, 2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp. 186-191, 2018.